

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-335010

(43)Date of publication of application : 22.11.2002

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2002-059217

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 05.03.2002

(72)Inventor : MORI SEIICHIRO
SONOBE SHINYA

(30)Priority

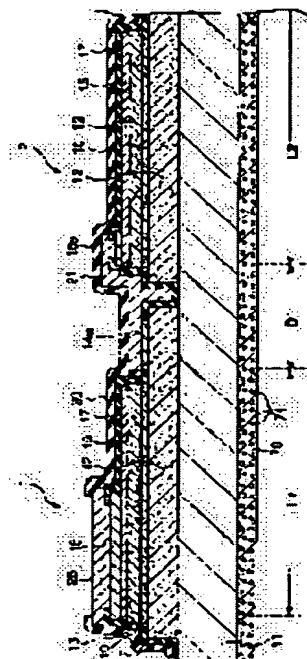
Priority number : 2001059973 Priority date : 05.03.2001 Priority country : JP

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting diode which can be constituted by using a light emitting element chip which generates light whose wavelength is shorter than that of blue light.

SOLUTION: In a nitride semiconductor light emitting element wherein an N-type gallium nitride based compound semiconductor layer, a light emitting layer and a P-type gallium nitride based compound semiconductor layer are formed on one main surface of a translucent substrate, an SiO₂ layer containing phosphor which absorbs a part of the light generated from the light emitting layer and can generate a light whose wavelength is longer than that of the absorbed light formed on the other main surface of the translucent substrate. By outputting a light via the SiO₂ layer, a luminous color can be obtained only by the light generated from the phosphor, and a light emitting diode having long life can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開2002-335010

(P2002-335010A)

(43)公開日 平成14年11月22日(2002.11.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコート* (参考)

H O 1 L 33/00

H O 1 L 33/00

C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2002-59217(P2002-59217)

(22)出願日 平成14年3月5日(2002.3.5)

(31)優先權主張番号 特願2001-59973(P2001-59973)

(32)優先日 平成13年3月5日(2001.3.5)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 森 誠一郎

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 園部 真也

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA11 AA44 CA03 CA05 CA12

CA34 CA49 CA50 CA57 CA65

CA74 CA75 CA82 CA92 CB31

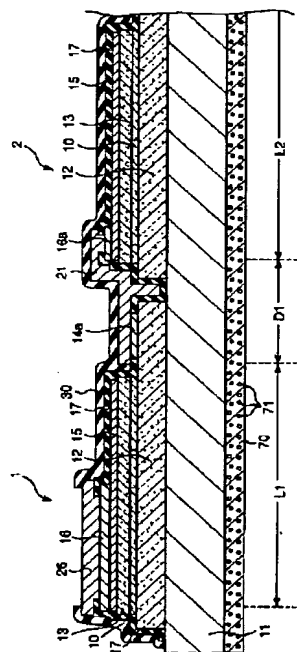
EE25

(54)【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 青色より波長の短い光を発光する発光素子チップを用いて構成することができる発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 透光性基板の一方の主面上に、 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と発光層と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層とが形成されてなる窒化物半導体発光素子において、発光層が発光する光の一部を吸収してその吸収した光の波長より長い波長の光を発光することができる蛍光体を含む SiO_2 層が透光性基板の他方の主面上に形成され、 SiO_2 層を介して光を出力させることにより、蛍光体が発光する光のみにより発光色を得ることができると共に寿命の長い発光ダイオードが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透光性基板の一方の主面上に、 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と発光層と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層とが形成されてなる窒化物半導体発光素子において、

上記発光層が発光する光の一部を吸収してその吸収した光の波長より長い波長の光を発光することができる蛍光体を含む SiO_2 層が上記透光性基板の他方の主面上に形成され、該 SiO_2 層を介して光を出力することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】 上記発光層は紫外領域の光を発光し、かつ上記蛍光体は、

(1) $\text{Re}_3(\text{PO}_4)_3$ 、 $Q: \text{Eu}, \text{Re}'$ (但し、 Re は $\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Zn}$ から選択される少なくとも 1 種と、 Q はハロゲン元素の $\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ から選択される少なくとも 1 種と、 Re' は $\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Sn}$ から選択される少なくとも 1 種とを有する。)

(2) $\text{Re}_3(\text{PO}_4)_3$ 、 $Q: \text{Eu}$ (但し、 Re は $\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Mg}$ から選択される少なくとも 1 種、 Q はハロゲン元素の $\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ から選択される少なくとも 1 種とを有する。)、

(3) $\text{BaMg}_2\text{Al}_8\text{O}_{27}: \text{Eu}$ 、

(4) $\text{BaMg}_2\text{Al}_8\text{O}_{27}: \text{Eu}, \text{Mn}$ 、

(5) $(\text{SrEu})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 、

(6) $3 \cdot 5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2: \text{Mn}$ 、

(7) $\text{Y}_2\text{O}_3: \text{S}: \text{Eu}$ 、

(8) $\text{Mg}_9\text{As}_2\text{O}_{11}: \text{Mn}$ 、

(9) $\text{Gd}_2\text{O}_3: \text{S}: \text{Eu}$ 及び

(10) $\text{La}_2\text{O}_3: \text{S}: \text{Eu}$ からなる群から選択された少なくとも 1 つの蛍光体を含む請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】 上記発光層は青色の光を発光し、かつ上記蛍光体は、 Ce で付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット (YAG) 系蛍光体である請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】 上記透光性基板の一方の主面上に複数の発光領域が形成され、その発光領域がそれぞれ、上記 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と上記発光層と上記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層を含んでなる請求項 1 ~ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】 上記複数の発光領域はそれぞれ長方形に形成され、かつその短辺方向に並置された請求項 4 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】 上記複数の発光領域が直列に接続された請求項 4 又は 5 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】 上記複数の発光領域が並列に接続された請求項 4 又は 5 記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は窒化物半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、窒化ガリウム系化合物半導体を用いて構成された発光素子チップと蛍光体とを組み合わせ、白色光の発光が可能な発光ダイオード (白色発光ダイオード) が開発され、使用されるようになってきている。この発光ダイオードは、発光素子チップから出力される青色の光の一部を蛍光体により波長変換して、その波長変換された光と発光素子チップから青色の光との混色により、白色の光を発光させるものであり、従来は、例えば、発光素子チップがマウントされたパッケージ等を蛍光体を含む樹脂でモールドすることにより作製されていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の白色の発光ダイオードは、蛍光体を含む樹脂を用いて構成しているため、より波長の短い光を用いると樹脂が劣化するために、青色より波長の短い光の発光素子を用いて十分な信頼性を有する発光ダイオードを構成することが困難であった。

【0004】 そこで、本発明は青色より波長の短い光を発光する発光素子チップと蛍光体とを用いて構成することも可能な発光ダイオードを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 以上の目的を達成するために、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、透光性基板の一方の主面上に、 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と発光層と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層とが形成されてなる窒化物半導体発光素子において、上記発光層が発光する光の一部を吸収してその吸収した光の波長より長い波長の光を発光することができる蛍光体を含む SiO_2 層が上記透光性基板の他方の主面上に形成され、該 SiO_2 層を介して光を出力することを特徴とする。

【0006】 また、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記発光層を紫外領域の光を発光するように構成し、上記蛍光体を、

(1) $\text{Re}_3(\text{PO}_4)_3$ 、 $Q: \text{Eu}, \text{Re}'$ (但し、 Re は $\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Zn}$ から選択される少なくとも 1 種と、 Q はハロゲン元素の $\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ から選択される少なくとも 1 種と、 Re' は $\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Sn}$ から選択される少なくとも 1 種とを有する。)

(2) $\text{Re}_3(\text{PO}_4)_3$ 、 $Q: \text{Eu}$ (但し、 Re は $\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Mg}$ から選択される少なくとも 1 種、 Q はハロゲン元素の $\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ から選択される

少なくとも1種とを有する。)

(3) $\text{BaMg}_2\text{Al}_4\text{O}_7$: Eu、

(4) $\text{BaMg}_2\text{Al}_4\text{O}_7$: Eu, Mn、

(5) $(\text{SrEu})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 、

(6) $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2$: Mn、

(7) Y_2O_3 : Eu、

(8) $\text{Mg}_6\text{As}_2\text{O}_{11}$: Mn、

(9) Gd_2O_3 : Eu 及び

(10) La_2O_3 : Eu からなる群から選択された少なくとも1つの蛍光体とすることができる。このようにすると、蛍光体の発光のみが観測される発光素子を構成することができる。

【0007】また、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記発光層を青色の光を発光するように構成し、上記蛍光体として、Ceで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)系蛍光体を用いて構成してもよい。

【0008】さらに、本発明に係る窒化物半導体発光素子においては、上記透光性基板の一方の主面上にそれぞれ上記n型窒化ガリウム系化合物半導体層と上記発光層と上記p型窒化ガリウム系化合物半導体層を含んでなる複数の発光領域を形成するようにしてもよい。

【0009】また、本発明に係る窒化物半導体発光素子においては、上記複数の発光領域をそれぞれ長方形に形成し、各発光領域を短辺方向に並置するようにしてもよい。

【0010】また、本発明に係る窒化物半導体発光素子においては、上記複数の発光領域を直列に接続するようにしてもよいし、上記複数の発光領域を並列に接続するようにしてもよい。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態の窒化物半導体発光素子について説明する。

実施の形態1、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子は、図1に示すように、例えば、 $1000\mu\text{m} \times 1000\mu\text{m}$ のサファイア透光性基板11の一方の面に長方形の3つの発光素子1、2、3を互いに平行に配置して、透光性基板11を介して光を出力するように構成した発光素子であって、透光性基板11の他方の面(発光観測面)に蛍光体71を含む SiO_2 膜70を形成したことを特徴とする。ここで、発光素子1、2、3はそれぞれ、紫外領域の波長を有する紫外光を発光する素子であり、蛍光体71は紫外光を吸収して所定の色の光を発生する蛍光体である。また、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子において、 SiO_2 膜70に含まれる蛍光体71の量は、 SiO_2 膜70を介して出力される光が実質的に蛍光体71によって波長変換された光のみになるように設定することが好ましい。

【0012】以上のように、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子では、従来例のように発光素子チップが発生する青色光と蛍光体により波長変換された光との混色により白色光を得るのではなく、紫外線により励起された蛍光体71が発生する所定の色の光のみを利用しているので、発光色のばらつきを非常に小さく抑えることができる。すなわち、従来の混色を利用した白色発光ダイオードは、発光素子チップの発光輝度が変化すると、青色光と黄色光の割合が変化するので、青みを帯びた白色になったり黄色を帯びた白色光になったりするなど、色が変わる。これに対して、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子では、紫外線により励起された蛍光体71が発生する光のみを利用しているので、発光素子チップの発光輝度が変化しても蛍光体の発光色そのものはほとんど変化することではなく、発光色の変化を極めて小さくできる。

【0013】また、従来の構成では、樹脂に含まれる蛍光体の含有量がばらついた場合においても、青色光と黄色光の割合が変化するので、色が変わるが、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子では、蛍光体の含有量が変化しても蛍光体の発光色そのものはほとんど変化することではなく、発光色の変化を極めて小さくできる。また、従来の構成では、発光素子チップを基板等に実装した後に、蛍光体を含む樹脂をモールドしているので、例えば、チップの実装位置がばらついた場合に、色むらや色度ばらつきが生じるという問題があったが、本発明の構成では、発光領域と蛍光体の位置関係は常に一定とできるので、かかる問題点を解決することができる。

【0014】次に、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子における蛍光体71、及びその蛍光体71を含む SiO_2 層70について説明する。本実施の形態1において、蛍光体71として紫外光により励起されて所定の色の光を生ずる蛍光体であれば用いることができ、具体例として、例えば、

(1) $\text{Re}_2(\text{PO}_4)_3$: Q : Eu, Re' (但し、ReはMg、Ca、Ba、Sr、Znから選択される少なくとも1種と、Qはハロゲン元素のF、Cl、Br、Iから選択される少なくとも1種と、Re'はMn、Fe、Cr、Snから選択される少なくとも1種とを有する。)(白色)

(2) $\text{Re}_2(\text{PO}_4)_3$: Q : Eu (但し、ReはSr、Ca、Ba、Mgから選択される少なくとも1種、Qはハロゲン元素のF、Cl、Br、Iから選択される少なくとも1種とを有する。)(青色)、

(3) $\text{BaMg}_2\text{Al}_4\text{O}_7$: Eu (青色)、

(4) $\text{BaMg}_2\text{Al}_4\text{O}_7$: Eu, Mn (緑色)、

(5) $(\text{SrEu})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (緑色)、

(6) $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2$: Mn (赤色)、

(7) Y_2O_3 S:Eu (赤色)、
 (8) $Mg_8As_2O_{11}$:Mn (赤色)、
 (9) Gd_2O_3 S:Eu (赤色) 及び
 (10) La_2O_3 S:Eu (赤色) 等が挙げられる。
 また、これらの蛍光体は、単独で用いても良いし、混合して用いてもよい。

【0015】以下、紫外領域の光を発生する発光素子チップと複数の蛍光体を組み合わせる場合についてより具体的に説明する。本実施の形態では、1つの SiO_2 層70に異種の蛍光体(例えば、赤、緑、青の蛍光体)を混合して分散させるようにしてもよく、このようにすると、異なる蛍光体からの光の混色による白色光が得られる。この場合、各蛍光物質から発光される光をより良く混色しかつ色ムラを減少させるために、各蛍光体の平均粒径及び形状は類似していることが好ましく、また、各蛍光体は SiO_2 層70に均一に分散されていることが好ましい。

【0016】また、本発明では、各蛍光物質をそれぞれの別々の SiO_2 層に分散させ、それらを積層することにより多重構造の SiO_2 層70を形成するようにしてもよい。このように SiO_2 層を多重薄膜として構成する場合、それぞれの蛍光物質の紫外光透過率を考慮して、素子上に赤色蛍光物質層、緑色蛍光物質層、及び青色蛍光物質層という順に積層すると、全ての層に均等に紫外光を吸収させることができ好ましい。更に、多重薄膜である SiO_2 層70において下層から上層にかけて各層中の蛍光物質の粒径が小さくなるように、各蛍光物質の平均粒径の大小関係を青色蛍光物質>緑色蛍光物質>赤色蛍光物質とすると最上層まで良好に紫外光を透過させることができると共に多重薄膜層である SiO_2 層70に紫外光をもれなく吸収させることができる。

【0017】そのほか、ストライプ状、格子状、またはトライアングル状となるように各蛍光体が含まれる各色変換部を配置するようにして SiO_2 層70を形成するようにしてもよい。また、各色変換部の間に間隔を設けて配置させるようにしてもよく、これにより混色性を良好にできる。またさらに、素子の周囲を全て覆うように SiO_2 層を形成すると、紫外光の漏れを防止できるので好ましい。

【0018】また、蛍光体71を含む SiO_2 層70は、例えば、シラノール($Si(OEt)_3OH$)とエタノールとを所定の割合で混合してなるシリカゾル中に蛍光体(粉体)71を分散させて、その蛍光体が分散されたシリカゾルを透光性基板11の他方の主面にスピナーによりコートした後、縮合重合することにより形成することができる。このようにして形成された SiO_2 層70は、従来の樹脂とは異なり無機物であるため、紫外線による劣化が樹脂に比べて極めて小さく、紫外光を発光する発光ダイオード(紫外域発光ダイオード)と組み合わせ

のように樹脂の中に蛍光体を分散させた構成では、ほとんどの樹脂が紫外線により劣化するために長時間の使用に耐え得る素子を構成することができないので、紫外域発光ダイオードを用いた白色発光ダイオードの実用化は困難であった。

【0019】ここで、本実施の形態1では、 SiO_2 膜70に含まれる蛍光体71の含有量は、 SiO_2 膜70を介して出力される光が実質的に蛍光体71によって波長変換された白色光のみになるように、すなわち、発光素子チップにより発光された紫外光のほとんどが蛍光体71に吸収されて該蛍光体71を励起するように比較的大きく設定することが好ましい。このようにすると発光効率(発光素子に入力された電力に対する出力される光の比)を高くすることができる。

【0020】また、 SiO_2 膜70に含有させる蛍光体の量は、所望の色調に対応させて種々の値に設定されるものであり、本発明は蛍光体の含有量により限定されるものではないが、本発明者らの検討によると、 SiO_2 膜70に含まれる蛍光体71の含有量が多くなると、透光性基板11に対する SiO_2 膜70の付着強度が強くなることが確認されている。かかる付着強度の面を考慮すると、 SiO_2 膜70における蛍光体の含有量は、30wt%~80wt%に設定することが好ましく、基板11に対する SiO_2 膜70のより高い付着強度を得るためには、40wt%~80wt%に設定することがさらに好ましい。

【0021】また、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子の発光素子1, 2, 3において、各半導体層及び電極はそれぞれ以下のように形成される。

(1) n型窒化ガリウム系化合物半導体層12(n層12)は、例えば、サファイアからなる透光性基板11上のほぼ全面に成長されたn型窒化ガリウム系化合物半導体層が分離溝41により分離されて、平面形状が長方形になるように形成される。

【0022】(2) 活性層10は、n層12とほぼ同一の長さとな層12より狭い幅を有する長方形であって、その1つの長辺がn層12の1つの長辺に実質的に一致するようにn層12上に形成される。このように形成することにより、n層12上に活性層10に沿ってn側オーミック電極を形成するための領域が確保される。ここで、本実施の形態1では、活性層10の幅は、n側オーミック電極から離れた側に位置する長辺とn側オーミック電極との距離 L_1 , L_2 , L_3 が220 μm になるように設定した。このように、距離 L_1 , L_2 , L_3 を220 μm に設定した理由は、n側オーミック電極から220 μm 以上離れた位置にある活性層に注入される電流は減少するからである。ここで、本実施の形態1において、活性層10はInの含有量を変化させることにより発光波長を変えることができる $In_xGa_{1-x}N$ 層により構成し、このInの量を紫外光の発光が可能な値に

設定する。

【0023】(3) n側オーミック電極14(14a)は、活性層10とはほぼ同一の長さを有し、n層12上に、活性層10に沿ってかつ活性層10と近接して形成される。また、n側オーミック電極14(14a)は、例えば、n層12とのオーミック接触を良好にできるWとAlを含む層により構成する。一例を挙げれば、W層(200Å)、Al層(1000Å)、W層(500Å)、Pt層(3000Å)、Ni層(60Å)を順次積層することによりn側オーミック電極14(14a) 10を形成する。

【0024】(4) p型窒化ガリウム系半導体層13は、活性層10と同一平面形状を有し活性層10上に重ねて形成される。実際には、活性層10及びp型窒化ガリウム系半導体層13は、n層12上に活性層10及びp層13を重ねて形成した後、n側オーミック電極14を形成するn層12表面を露出させるために一括してエッチングすることにより形成する。

【0025】(5) p側オーミック電極15は、p型窒化ガリウム系半導体層13上のほぼ全面に形成され、p 20層13と良好なオーミック接触を得るために、例えば、Ni層とPt層とを積層することにより構成する。

【0026】(6) そして、pパッド電極16(16a)は、例えば、膜厚3000ÅのPtからなり、p側オーミック電極15上において、n側オーミック電極14とは離れた側に位置するp側オーミック電極15の長辺に沿って形成される。

【0027】さらに、本実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子において、上述のように構成された発光素子1、2、3は、絶縁保護膜17により素子間が分離され、接続電極21により以下のように接続される。絶縁保護膜17は、各発光素子のpパッド電極16(16a)上及びn側オーミック電極14(14a)上を除いて素子全体を覆うように形成される。接続電極21は、発光素子1のn側オーミック電極14a上、分離溝41に形成された絶縁膜17上及び発光素子2のp側オーミック電極16a上に連続して間の形成され、これにより、発光素子1のn側オーミック電極14aと発光素子2のp側オーミック電極16aが接続される。また、接続電極21は、発光素子2と発光素子3との間においても同様に形成され、これにより、発光素子2のn側オーミック電極14aと発光素子3のp側オーミック電極16aが接続される。接続電極21は、Pt又はAu等、種々の金属で構成することができる。

【0028】尚、本実施の形態1ではさらに、発光素子1のpパッド電極16上に接続電極21と同様の材料からなる外部接続用電極26が形成され、発光素子3のnパッド電極14上に接続電極21と同様の材料からなる外部接続用電極24が形成される。

【0029】以上のように構成された実施の形態1の窒 50

化物半導体発光素子は、透光性基板11の他方の面に、無機物でありかつ紫外線による劣化がほとんどないSiO₂層70に蛍光体を含有させて形成しているため、発光素子チップとして紫外域発光ダイオードを用いることが可能となる。これにより、発光素子チップの光と蛍光体の光との混色によらず、蛍光体からの光のみを利用して発光ダイオードを構成することができ、色変化の極めて少ない発光ダイオードを実現できる。また、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子は、蛍光体を含む無機物であるSiO₂層70を用いて構成しているため、蛍光体を含む層を従来の樹脂層に比較して耐環境特性を良好にできるので、素子の寿命を長くできる。

【0030】応用例、本実施の形態1の窒化物半導体発光素子と同様の構成において、紫外光を発光する発光素子を35個に増やしてそれらの素子を直列に接続し、蛍光体71として、例えば、Ca₁₀(PO₄)₆・FC1:Eu, Mnを用いることにより、比較的広い発光面積を有する照明用の窒化物半導体発光素子を構成できる。このように構成された照明用の窒化物半導体発光素子は、100Vの一般家庭電源に直接接続して使用したときに、各素子の電流値を、発光効率及び寿命の点でほぼ最適な20mA程度に設定でき、信号機や家庭用の照明等に利用できる。

【0031】実施の形態2、次に、本発明に係る実施の形態2の窒化物半導体発光素子について、図4を参照しながら説明する。本実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子は、以下の点で実施の形態1の窒化物半導体発光素子と異なる。

相違点1、実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子において、接続電極21及び外部接続電極24、26を形成することなく、素子全体を覆うように絶縁保護膜30を形成し、発光素子1、2、3のpパッド電極上にそれぞれ絶縁保護膜30を貫通するスルーホール61を形成し、発光素子1、2、3の各n側オーミック電極上にそれぞれ絶縁保護膜30を貫通するスルーホール62を形成する。

【0032】相違点2、絶縁保護膜30に形成されたスルーホール61を介して、発光素子1、2、3のpパッド電極間を互いに接続電極51で接続する。

相違点3、絶縁保護膜30に形成されたスルーホール62を介して、発光素子1、2、3のn側オーミック電極間を互いに接続電極52で接続する。以上の相違点1、2、3以外は、実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子と同様に構成する。すなわち、実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子は、実施の形態1の素子において発光素子1、2、3を並列に接続したものである。以上のように構成された実施の形態2の窒化物半導体発光素子は、実施の形態1と同様の作用効果を有する。

【0033】以上の実施の形態1、2では、発光領域が3つの場合について説明したが、本発明はこれに限られ

るものではなく、4以上の発光領域で構成したものであってもよい。例えば、図5に示すように、多数(m個)の発光領域1~mを各領域の短辺方向に並置して形成することにより、輝度が高くかつ発光色のばらつきが少なくしかも広い面積の面発光が可能な発光ダイオードを実現できる。

【0034】以上の実施の形態1、2では、発光領域が3つの場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、1つの発光領域のみを有する例えば、300 μ m×300 μ mの一般的に良く用いられる大きさの発光ダイオードに適用することもできることはいうまでもない。この場合、個々の素子への分離は、例えば、図6に示すように、分割すべき素子と素子との間のSiO₂層70を除去して、溝72を形成し、その溝72において、スクライビング又はダイシングにより分割するようにすればよい。

【0035】以上の実施の形態1及び2では、紫外域発光素子チップを用いた本発明に係るより好ましい実施の形態について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、青色の発光素子チップと該チップの青色光により励起され黄色の光を発生する、以下に説明するイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)系の蛍光体とを組み合わせ白色発光ダイオードを構成してもよい。

【0036】本発明に用いられるYAG系蛍光体は、窒化物系半導体を発光層とする半導体発光素子から発光された光を励起させて発光できるセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質をベースとしたものである。具体的なイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質としては、YAlO₃:Ce、Y₃Al₅O₁₂:Ce(YAG:Ce)やY₄Al₂O₉:Ce、更にはこれらの混合物などが挙げられる。イットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質にBa、Sr、Mg、Ca、Znの少なくとも一種が含有されていてもよい。また、Siを含有させることによって、結晶成長の反応を抑制し蛍光物質の粒子を揃えることができる。

【0037】本明細書において、Ceで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質は特に広義に解釈するものとし、イットリウムの一部あるいは全体を、Lu、Sc、La、Gd及びSmからなる群から選ばれる少なくとも1つの元素に置換したもの、あるいは、アルミニウムの一部あるいは全体をBa、Ti、Ga、Inの何れが又は両方で置換したものなどの蛍光作用を有する蛍光体を含む広い意味に使用する。

【0038】すなわち、本発明では、一般式(Y_{1-z}Gd_{1-z})₃Al₅O₁₂:Ce(但し、0<z≤1)で示されるフォトルミネセンス蛍光体や一般式(Re_{1-a}Sm_a)₃Re'₅O₁₂:Ce(但し、0≤a<1、0≤b≤1、Reは、Y、Gd、La、Scから選択される少なくとも一種、Re'は、Al、Ga、I

nから選択される少なくとも一種である。)で示されるフォトルミネセンス蛍光体を用いることができる。

【0039】これらの蛍光物質は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークを450nm付近に設定することができる。また、発光ピークも、580nm付近にあり700nmまですそを引くブロードな発光スペクトルを持つ。さらに、所望に応じてCeに加えTb、Cu、Ag、Au、Fe、Cr、Nd、Dy、Co、Ni、Ti、Eu、およびPr等を含有させてもよい。

【0040】またフォトルミネセンス蛍光体は、結晶中にGd(ガドリニウム)を含有することにより、460nm以上の長波長域の励起発光効率を高くすることができる。Gdの含有量の増加により、発光ピーク波長が長波長に移動し全体の発光波長も長波長側にシフトする。すなわち、赤みの強い発光色が必要な場合、Gdの置換量を多くすることで達成できる。一方、Gdが増加すると共に、青色光によるフォトルミネセンスの発光輝度は低下する傾向にある。

【0041】しかも、ガーネット構造を持ったイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成のうち、Alの一部をGaで置換することで発光波長が短波長側にシフトする。また、組成のYの一部をGdで置換することで、発光波長が長波長側にシフトする。

【0042】Yの一部をGdで置換する場合、Gdへの置換を1割未満にし、且つCeの含有(置換)を0.03から1.0に設定することが好ましい。Gdへの置換が2割未満では緑色成分が大きく赤色成分が少なくなるが、Ceの含有量を増やすことで赤色成分を補え、輝度を低下させることなく所望の色調を得ることができる。このような組成にすると温度特性が良好となり発光ダイオードの信頼性を向上させることができる。また、赤色成分を多く有するように調整されたフォトルミネセンス蛍光体を使用すると、ピンク等の中間色を発光することが可能な発光装置を形成することができる。

【0043】このようなフォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Al、及びCeの原料として酸化物、又は高温で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を稀酸で共沈したものを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウムとを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化バリウムやフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して坩堝に詰め、空気中1350~1450°Cの温度範囲で2~5時間焼成して焼成品を得、つぎに焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通すことで得ることができる。

【0044】本願発明の発光ダイオードにおいて、このようなフォトルミネセンス蛍光体は、2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネ

ット（ざくろ石型）蛍光体や他の蛍光体を混合してもよい。

【0045】他にも青色、青緑色や緑色を吸収して赤色が発光可能な蛍光体としては、Eu及び／又はCrで付活されたサファイア（酸化アルミニウム）蛍光体やEu及び／又はCrで付活された窒素含有Ca-Al₂O₃-SiO₂蛍光体（オキシナイトライド蛍光硝子）等が挙げられる。これらの蛍光体を利用して発光素子からの光と蛍光体からの光の混色により白色光を得ることもできる。

【0046】また、発光出力を向上させるためには、本発明で用いられる蛍光物質の平均粒径は10μm～50μmが好ましく、より好ましくは15μm～30μmである。ここで平均粒径とは、空気透過法を基本原理としてサブミクロンサイザーにて測定された平均粒子径を示す。このような粒径を有する蛍光物質は光の吸収率及び変換効率が高く且つ励起波長の幅が広い。このように、光学的に優れた特徴を有する大粒径蛍光物質を含有させることにより、発光素子の主波長周辺の光をも良好に変換し発光することが可能となり、発光装置の量産性が向上される。

【0047】また、この平均粒径値を有する蛍光物質が頻度高く含有されていることが好ましく、頻度値は20%～50%が好ましい。このように粒径のバラツキが小さい蛍光物質を用いることにより色ムラが抑制され良好な色調を有する発光装置が得られる。

【0048】同様に、本発明に用いられる他の具体的蛍光体として、Eu及び／又はCrで付活された窒素含有CaO-Al₂O₃-SiO₂蛍光体が挙げられる。このEu及び／又はCrで付活された窒素含有CaO-Al₂O₃-SiO₂蛍光体は、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、窒化珪素及び酸化カルシウムなどの原料に希土類原料を所定比に混合した粉末を窒素雰囲気下において1300℃から1900℃（より好ましくは1500℃から1750℃）において熔融し成形させる。成形品をボールミルして洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して蛍光体を形成させることができる。これにより450nmにピークをもった励起スペクトルと約650nmにピークがある青色光により赤色発光が発光可能なEu及び／又はCrで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とすることができる。

【0049】なお、Eu及び／又はCrで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子の窒素含有量を増減することによって発光スペクトルのピークを575nmから690nmに連続的にシフトすることができる。同様に、励起スペクトルも連続的にシフトさせることができる。そのため、Mg、Znなどの不純物がドーブされたGaNやInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からの光と、約580nmの蛍光体の光の合成光により白色系を発光させることがで

きる。特に、約490nmの光が高輝度で発光可能なInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子との組合せに理想的に発光を得ることもできる。

【0050】また、上述のCeで付活されたYAG系蛍光体とEu及び／又はCrで付活された窒素含有Ca-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とを組み合わせることにより青色系が発光可能な発光素子を利用してRGB（赤色、緑色、青色）成分を高輝度を含む極めて演色性の高い発光ダイオードを形成させることもできる。このため、所望の顔料を添加するだけで任意の中間色も極めて簡単に形成させることができる。本発明においては何れの蛍光体も無機蛍光体であり、有機の光散乱剤やSiO₂などを利用して高コントラストを有しかつ量産性に優れた発光ダイオードを構成することができる。

【0051】以上のように構成されたYAG系蛍光体を用いた窒化物半導体発光素子は、蛍光体を含む無機物であるSiO₂層70を用いて構成しているため、蛍光体を含む層を従来の樹脂層に比較して耐環境特性を良好にでき、素子の寿命を長くできる。

【0052】

【実施例】以下、本発明に係る実施例を示す。尚、本発明はこれに限定されるものではない。

【実施例1】

（透光性基板11）サファイア（C面）よりなる透光性基板11をMOVPEの反応容器内にセットし、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。この透光性基板11としては他にR面、A面を主面とするサファイア基板、スピネル（MgAl₂O₄）のような絶縁性基板、GaN基板などでもよい。

【0053】（n型窒化ガリウム系化合物半導体層12）基板をクリーニング後、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12を次の構成で成長させる。基板の温度を510℃まで下げ、透光性基板11上にGaNよりなるバッファ層を100Å成長させる。次にバッファ層成長後、温度を1050℃まで上昇させ、アンドープGaN層121を1.5μmの膜厚で成長させる。続いて1050℃で、Siを4.5×10¹⁸/cm³ドーブしたGaN層122を2.2μmの膜厚で成長させる。

【0054】続いて1050℃で、アンドープGaN層123を3000Åの膜厚で、さらにSiを4.5×10¹⁸/cm³ドーブしたGaN層124を300Å、さらにアンドープGaN層125を50Åの膜厚で成長させる。

【0055】続いて同様の温度で、アンドープGaNよりなる第1の層を40Å、温度を800℃にして、続いてアンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなる第2の層を20Åの膜厚で成長させ、これらの操作を繰り返

し、第1+第2+の順で交互に10層ずつ積層させ、最後に第1の層を積層させた、n型多層膜層126を成長させる。

【0056】(活性層13)次にn型窒化ガリウム系化合物半導体層12を成長後、アンドープGaNよりなる障壁層を200Åの膜厚で成長させ、続いて温度を800℃にして、Siを $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ドープしたIno...Ga...Nよりなる井戸層を30Åの膜厚で成長させる。そして障壁+井戸+障壁+井戸...の順で障壁層を6層と、井戸層5層を交互に積層して、総膜厚1350Åの多重量子井戸よりなる活性層13を積層させる。以上のようにして、370nmの紫外領域の光を発光する活性層を形成する。

【0057】(p型窒化ガリウム系化合物半導体層14)活性層13成長後、p型窒化ガリウム系化合物半導体層14を次の構成で成長させる。次に1050℃で、Mgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Al...Ga...Nよりなる第3の層を25Åの膜厚で成長させ、続いてアンドープGaNよりなる第4の層を25Åの膜厚で成長させ、これらの操作を繰り返し、第3+第4の順で交互に4層ずつ積層した超格子よりなるp型多層膜層を200Åの膜厚で成長させる。続いて1050℃で、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型GaNよりなる層を2700Åの膜厚で成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、窒素雰囲気中で700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0058】以上のようにして窒化ガリウム系化合物半導体を成長させたウエハーを反応容器から取り出し、分離溝を形成する部分を除きウエハ全体にSiO₂マスクを形成し、RIEによって、サファイア基板に到達するまでエッチングを行うことにより分離溝を形成する。また、上記のような窒化ガリウム系化合物半導体は、所望に応じてボロンやリンを含有させることも可能である。さらに分離溝の形成に用いたSiO₂マスクを剥離し、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12を露出するために、露出させる部分を除くp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の上にSiO₂マスクを形成し、RIEによって、エッチングを行い、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12(SiドープGaN層122)の表面を露出させる。

【0059】次にp型窒化ガリウム系化合物半導体層14のほぼ全面を開口させ、他の部分を覆うようにレジスト塗布し、開口させたp型窒化ガリウム系化合物半導体層上にNiを100Å、Ptを500Å積層後、アニールしてp側オーミック電極15を形成する。さらにp側オーミック電極の一部にPtを3000Å、Niを60Åからなるp側パッド電極16a(16)を形成する。次にレジストを除去し、今度はn型窒化ガリウム系化合物半導体層上にWを200Å、Alを1000Å、Wを500Å、Ptを3000Å、Niを60Åの順で積層

したn側オーミック電極14を形成する。

【0060】次に全面にSiO₂よりなる絶縁保護膜17を1.5μmの膜厚で形成し、p側パッド電極とn側オーミック電極の一部をRIEにより露出させる。さらに表面に接続電極を形成する部分を開口させるようにマスク形成して分離溝を挟むp側パッド電極とn側オーミック電極とを電氣的に接続する接続電極として、Tiを400Å、Ptを6000Å、Auを1000Å、Niを60Åの膜厚で形成する。最後にSiO₂からなる絶縁保護膜30を1.5μmの膜厚で形成し、外部と電氣的に接続できるように接続電極24、26上の絶縁保護膜30をRIEでエッチングすることにより除去する。

【0061】(蛍光体71を含むSiO₂層70の形成)次に、蛍光体(Ca... (PO₄)... FCl:Eu, Mn)、シラノール(Si(OEt)...OH)及びエタノールを混合したスラリーを作製する。ここで、実施例1において、スラリーは、蛍光体:シラノール:エタノールが重量比で4:1:2となるように混合した。すなわち、本実施例1において、スラリーに対する蛍光体の含有量は、57%に設定した。次に、そのスラリーをノズルからサファイア基板の裏面に滴下して基板を高速で回転させることにより、基板の裏面全体に均一な膜厚を有する、蛍光体、シラノール、エタノールからなるスラリー膜を形成する。そして、スラリー膜が形成された基板を300℃のオープン内で3時間加熱することにより、スラリー膜内のシラノールを縮合重合して蛍光体が分散含有されたSiO₂膜とする。このようにして、蛍光体71を含むSiO₂層70が形成される。

【0062】このようにして作製された複数の素子領域を有するサファイア基板(ウエハ)を、スクライビング及びダイシングを用いて個々の素子ごとに分割して、350×400μmの発光素子チップを作製する。次に、その発光素子チップ80を図7に示すように、パッケージ81に発光素子チップ80の正負の電極それぞれパッケージ81の正負の電極に対向させてフリップチップ実装を行う。そして、発光素子チップを覆うように透光性のエポキシ樹脂83を形成して、発光素子チップを保護する。以上のようにして紫外光を発光する発光素子チップを用いた白色発光ダイオードを形成することができ

る。

【0063】[実施例2]実施例1において、スラリーに対する蛍光体の含有量を30%に変更した以外は実施例1と同様に構成した。以上の実施例2の発光ダイオードは、製造歩留まりが実施例1に比較して若干低くなったものの、実施例1と同等の性能が得られた。

【0064】[実施例3]スラリーに対する蛍光体の含有量を40%に変更した以外は実施例1と同様に構成した。以上の実施例3の発光ダイオードは、実施例1と同等の性能が得られ、かつ実施例2に比較して製造歩留まりが向上した。

【0065】[実施例4]スラリーに対する蛍光体の含有量を70%に変更した以外は実施例1と同様に構成した。以上の実施例4の発光ダイオードは、実施例1と同等の性能が得られ、かつ実施例1と比較して製造歩留まりが向上した。

【0066】[実施例5]実施例1において、以下の点が異なる以外は実施例1と同様に構成される。

(1) 実施例1において、紫外領域発光素子チップに代えて、青色発光が可能な発光素子チップを用いる。

(2) 蛍光体71として、 $(Y_{0.9}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ を用いる。

以下、本実施例5の発光ダイオードについて詳細に説明する。本実施例5では、発光素子チップとして、InGaNからなる発光層を有し主発光ピークが470nmのLEDチップを用いる。このLEDチップは、MOCVD法を利用して形成する。具体的には、反応室内に洗浄したサファイア基板を配置して、反応ガスとして、TMG（トリメチル）ガス、TMI（トリメチルインジウム）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、アンモニアガス及びキャリアガスとして水素ガス、さらには不純物ガスとしてシランガス及びシクロペンタジエマグネシウムを利用して成膜する。

【0067】発光素子チップの層構成として、サファイア基板上に低温バッファ層であるAlGaIn、結晶性を向上させるノンドープGaIn（厚さ約15000Å）、電極が形成されn型コンタクト層として働くSiドープのGaIn（厚さ約21650Å）、結晶性を向上させるノンドープのGaIn（厚さ約3000Å）、n型クラッド層としてノンドープのGaIn（厚さ約50Å）、SiをドープしたGaIn（厚さ約300Å）の超格子からなる多層膜、その上に形成される発光層の結晶性を向上させる、ノンドープのGaIn（厚さ約40Å）と、ノンドープのInGaIn（厚さ約20Å）の超格子からなる多層膜、多重量子井戸構造からなる発光層として、ノンドープのGaIn（厚さ約250Å）と、InGaIn（厚さ約30Å）の多層膜、p型コンタクト層として働くMgがドープされたInGaIn（厚さ約25Å）とMgがドープされたGaAlIn（厚さ約40Å）の超格子からなる多層膜及びp型コンタクト層であるMgがドープされたGaIn（厚さ約1200Å）を成膜する。

【0068】こうして成膜した窒化物半導体が成膜された半導体ウェハを部分的にエッチングして、p型及びn型コンタクト層を露出させる。スパッタリング法を利用して、各コンタクト層上にn型及びp型の電極を形成させた後に、個々の発光素子に分割して青色が発光可能な発光素子チップを作製する。そして、このようにして作製した発光素子チップと、 $(Y_{0.9}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ 蛍光体を用いて、実施例1と同様にして発光ダイオードを作製する。

【0069】以上のようにして、作製された発光ダイオードは、混色により白色光が得られ、従来例とは異なり蛍光体を含む層を無機物で構成しているのので、従来例と比較して耐環境特性が優れている。

【0070】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、紫外光を発光する発光ダイオードを用い、蛍光体が発光する光のみにより発光色が白色の発光ダイオードを構成できるので、発光色のバラツキの少ない白色発光ダイオードを提供できる。また、本発明によれば青色光を発光する発光ダイオードを用い、蛍光体との混色による発光色が白色の発光ダイオードを構成すると、蛍光体を含有する層の劣化を極めて小さくできるので、従来例と比較して寿命の長い白色発光ダイオードを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施の形態1の窒化物半導体発光素子の平面図である。

【図2】 図1のA-A'線についての部分断面図（発光素子1, 2の部分）である。

【図3】 図1のA-A'線についての部分断面図（発光素子3の部分）である。

【図4】 本発明に係る実施の形態2の窒化物半導体発光素子の平面図である。

【図5】 本発明に係る変形例の窒化物半導体発光素子の平面図である。

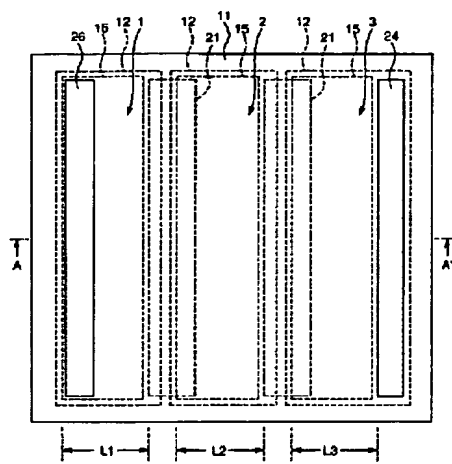
【図6】 実施の形態の窒化物半導体発光素子において、スクライプ又はダイシングする部分のSiO₂層を除去した時の様子を示す図である。

【図7】 本発明に係る実施例の窒化物半導体発光素子の断面図である。

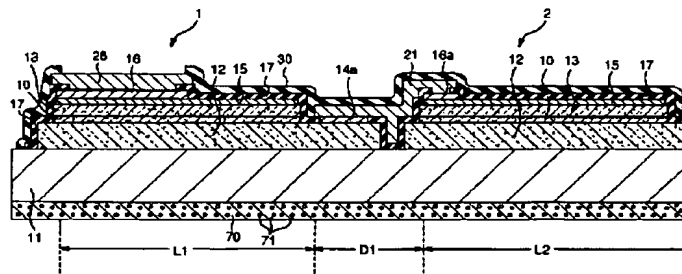
【符号の説明】

- 1, 2, 3…発光素子、
- 10…活性層、
- 11…サファイア基板、
- 12…n型窒化ガリウム系化合物半導体層、
- 13…p型窒化ガリウム系半導体層、
- 14, 14a…n側オーミック電極、
- 15…p側オーミック電極、
- 16, 16a…pパッド電極、
- 17…絶縁保護膜、
- 21, 51, 52…接続電極、
- 24, 26…外部接続電極、
- 30…絶縁保護膜、
- 61, 62…スルーホール、
- 41…分離溝、
- 70…SiO₂層、
- 71…蛍光体。

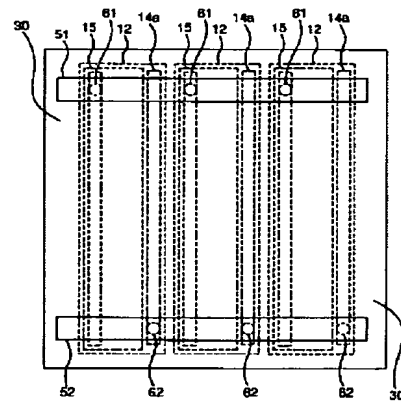
【図1】



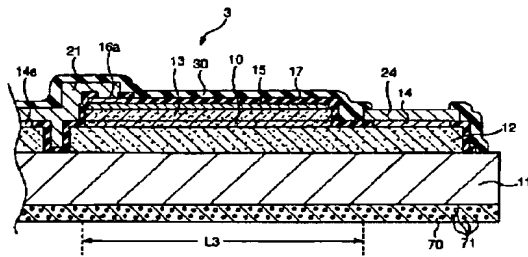
【図2】



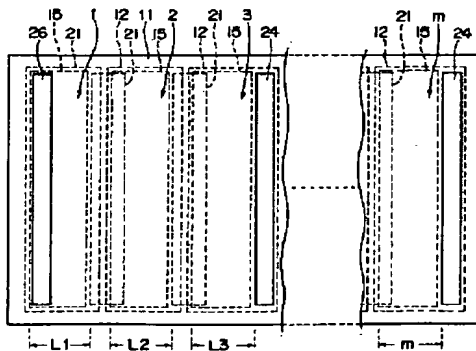
【図4】



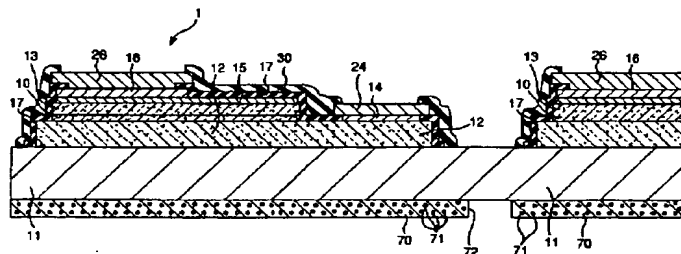
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

